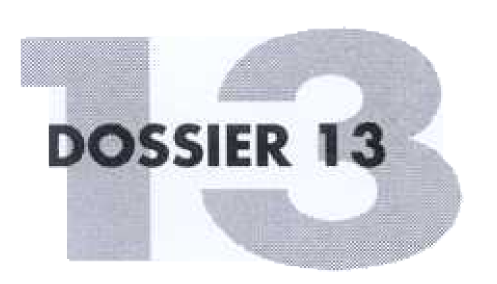
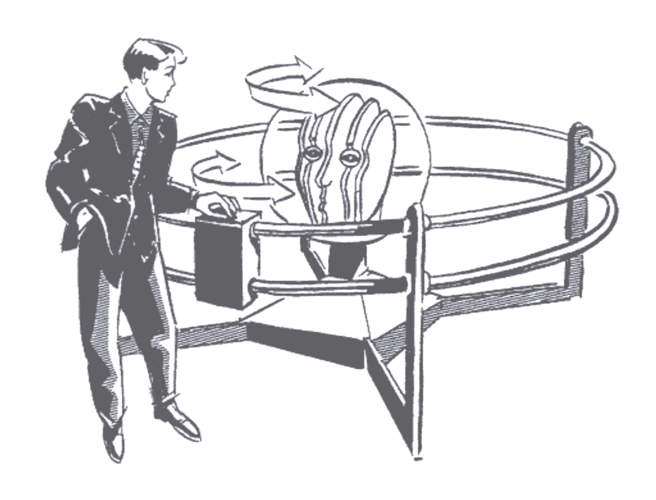


DOSSIER 13

L'œil et la **vision**



Collection de l'Atelier d'exploration

Conseiller scientifique

F. Findji

Conception, réalisation

Atelier d'exploration, P. Bastide (électronique)

Ces manipulations ont été réalisées pour l'exposition « L'œil et la vision : les surprises des sens » en 1985-1986.

Dessins de mise en situation des manipulations

G. Findji

1. Comment regarder ?
Comprendre les mouvements de l'œil

2. Ne croire que ce que l'on voit ?
Effet de rotation

3. Ne croire que ce que l'on voit ?
Test de la verticale

4. Ne croire que ce que l'on voit ?
Effet de mouvement

5. Leçon de lecture
Lire un texte en mouvement

6. Où ai-je la tête ?
Mesurer les rotations de la tête

7. Où ai-je la tête ?
Détecter un déplacement de la tête

8. Voir un mot sans pouvoir le lire

9. Le chemin des sens
Le cerveau, la vision et l'audition

Introduction

Suggérer avec simplicité la complexité des systèmes sensoriels de perception du monde qui nous entoure, tel est le but de cette exposition. Pour cela, elle associe des présentations qui offrent des situations de conflits perceptifs que le visiteur peut ressentir lui-même. Des maquettes interactives l'aident ensuite à trouver des éléments de réponse aux questions qu'il se pose. Notamment en ce qui concerne le fonctionnement des systèmes sensoriels, à savoir le centre de l'équilibre et de l'orientation, la relation entre la vision et le système vestibulaire de l'oreille interne.
L'information centrale est que la perception, ressentie de façon immédiate (on voit un chien, on entend le son d'une cloche) est une opération très complexe, résultat de l'interprétation par le cerveau de nombreuses informations sensorielles.
Cette exposition est constituée de huit présentations regroupées autour des thèmes « ressentir » et « comprendre ». Par leur autonomie, ces manipulations peuvent aussi s'intégrer à une exposition plus générale sur les phénomènes sensoriels et perceptifs.

Ressentir
L'homme est adapté aux conditions de vie sur terre. Tenir en équilibre, debout ou même assis, marcher, ajuster les gestes et le regard sont des actions apparemment simples. Elles nécessitent en réalité une activité complexe du système nerveux.
Un premier regroupement concerne la question : « Comment jouer du regard ? » Une première manipulation permet de comprendre que les yeux et la tête sont toujours en mouvement et que toute personne est capable de fixer son regard, même en bougeant sa tête. Avec cette capacité on peut croire qu'il est facile de lire un texte qui bouge. Une autre manipulation incite le visiteur à se rendre compte des limites de la coordination entre la vision et le mouvement.
Des situations invitent le visiteur à ressentir des sensations étranges, à explorer quelques-uns des systèmes que la nature a élaborés pour permettre de percevoir l'environnement et de s'y adapter. Elles sont regroupées sous le titre : « Ne croire que ce que l'on voit ? » qui proposent des stimulations visuelles créant des situations de conflit perceptif. Le visiteur est calmement allongé ou encore debout immobile. Pourtant, une stimulation visuelle peut donner l'illusion d'être en mouvement ou empêcher d'apprécier correctement la verticale.

Comprendre
La perception ressentie de façon immédiate résulte d'opérations complexes du système nerveux qui reçoit, analyse et compare les informations provenant des organes des sens.
- De l'œil ou de l'oreille jusqu'au cerveau : une maquette met en évidence les trajets des informations, depuis l'œil ou l'oreille jusqu'aux régions spécialisées du cerveau chargées de les interpréter.
- Le sens de l'équilibre : deux maquettes font comprendre le fonctionnement de deux organes peu connus : les « canaux semi-circulaires » et les « otolithes ». Ces organes (système vestibulaire) situés dans l'oreille interne détectent tous les mouvements de la tête ainsi que sa position par rapport à la verticale. Ils transmettent ces informations au cerveau qui les utilise en permanence pour adapter notre conduite : contrôle des muscles pour maintenir l'équilibre, stabiliser la posture, diriger le regard ou ajuster les gestes.

1 Comment regarder ? Comprendre les **mouvements** de l œil

Objectif

Une tête stylisée, mobile autour d'un axe vertical, comporte deux yeux également mobiles. L'ensemble est asservi par un dispositif opto-électronique à la position d'une source lumineuse, que le visiteur peut déplacer devant la tête. Ce faisant, il observe deux choses :
- les yeux commencent à se déplacer latéralement ;
- ce mouvement est bientôt suivi par la rotation de la tête.

Le système est conçu pour représenter la coordination du mouvement des yeux et de la tête, qui permet le suivi du regard et la stabilisation des images sur la rétine.

Mode opératoire

- Déplacez lentement ou rapidement la source lumineuse.
- Éteignez la lampe.
- Observez le mouvement des yeux et de la tête dans chaque cas.

Contenu scientifique

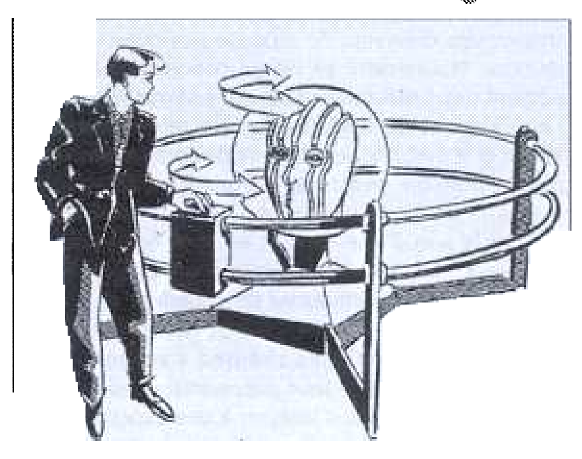
Les mouvements des yeux et de la tête se coordonnent avec précision pour que le regard suive constamment la direction de la lampe. Les mouvements des yeux dans les orbites doivent compenser en permanence les mouvements de la tête afin de conserver la stabilité du regard. Cette activité coordonnée est appelée réflexe vestibo-oculaire. Cette activité vestibo-oculaire est réalisée grâce aux capteurs du système vestibulaire, situés dans l'oreille interne, qui détectent à chaque instant la position et les mouvements de la tête.

Description de la manipulation

Le système de commande électronique

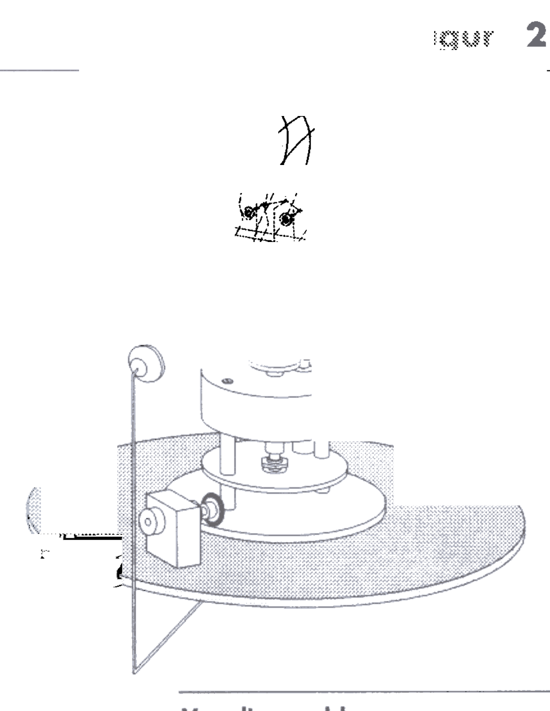
Deux cartes identiques permettent de piloter la manipulation : l'une pilote la tête, l'autre les yeux. Deux cellules photo-résistantes et un potentiomètre de 20 kW sont solidaires de l'axe de commande des yeux. Ces deux cellules sont montées en série et

Figure 1



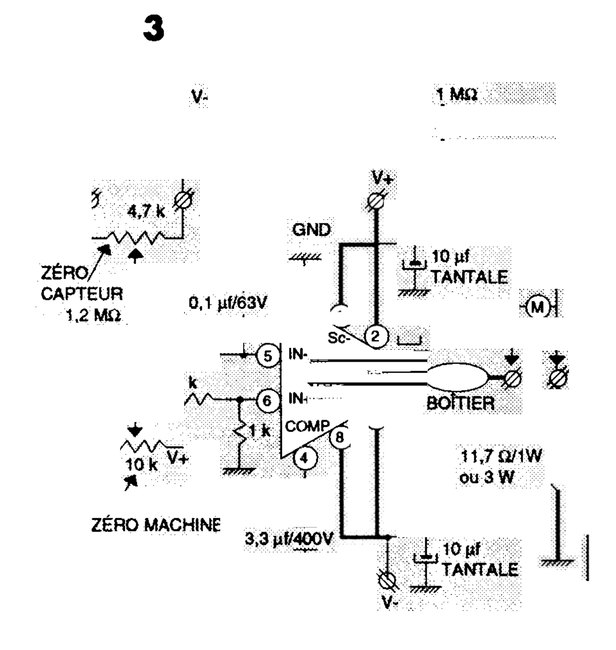
Le visiteur face à la manipulation.

igur 2



Vue d'ensemble.

3



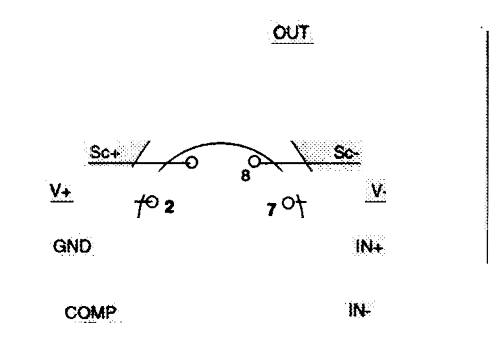


Schéma électrique.

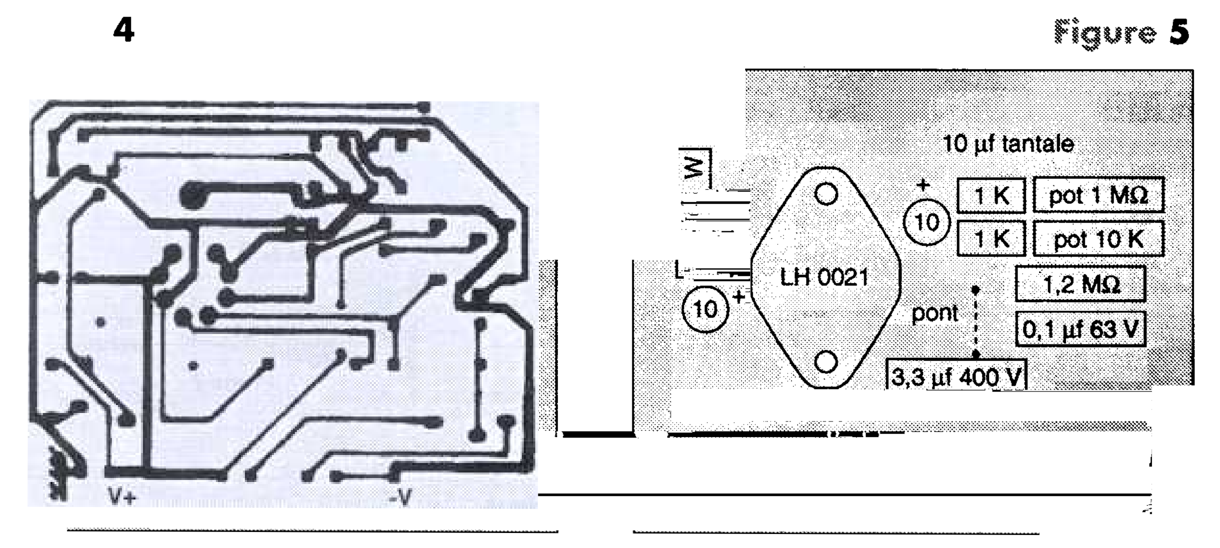
alimentées à leur extrémité en -12 volts et +12 volts, leur point milieu est relié à l'entrée « in- » du circuit de commande des yeux. Le potentiomètre est alimenté en +12 volts et -12 volts. Son point milieu est relié à l'entrée « in+ » du circuit de commande de la tête. Les cellules sont séparées par une cloison. Si ces deux cellules sont éclairées de la même façon, le système est stable, la sortie « out » est à la masse, le moteur est au repos et les yeux sont tournés vers la source lumineuse. Si on déplace la source lumineuse, la cloison fait de l'ombre à l'une ou l'autre des cellules, l'ampli commande alors le moteur des yeux de façon à rétablir l'équilibre en tournant l'axe des yeux vers la source lumineuse. L'axe des yeux, en tournant, déplace le curseur du potentiomètre qui a pour effet de déséquilibrer l'entrée du circuit de commande de tête. L'ampli opérationnel du circuit de commande de la tête réagit en faisant tourner le corps du potentiomètre, donc la tête elle-même, de façon à remettre le curseur en position milieu.

L'ampli opérationnel

Chaque carte est réalisée autour d'un ampli opérationnel National Semi-conductor (LH 0021CK). Ce circuit est alimenté en +12 volts et -12 volts et compare les tensions qui lui sont appliquées sur les entrées « in+ » et « in- ». Deux potentiomètres sur chaque carte règlent le zéro et la sensibilité du système. La carte affectée au mouvement des yeux sera réglée sur une sensibilité maximum (mouvement rapide), celle affectée au mouvement de la tête sur une sensibilité minimum (mouvement lent). La sortie « out » du circuit LH 0021 variera entre -12 volts et +12 volts en fonction de la tension appliquée à l'entrée « in- » par rapport à l'entrée de référence « in+ ». Cette tension fera tourner le moteur dans un sens ou dans l'autre et tendra en permanence à équilibrer les entrées.

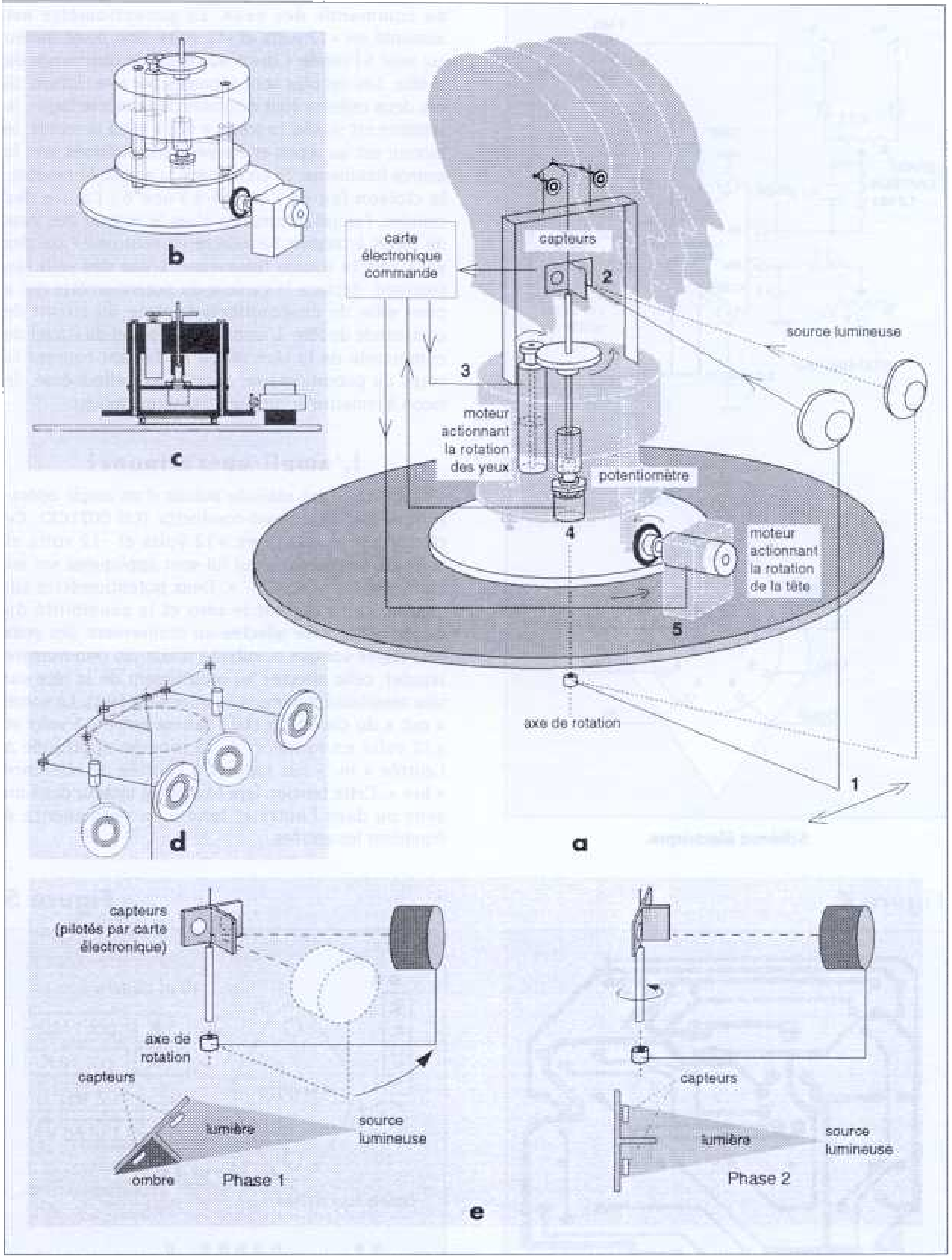
4

Figure 5



Implantation des composants.

Planche 1



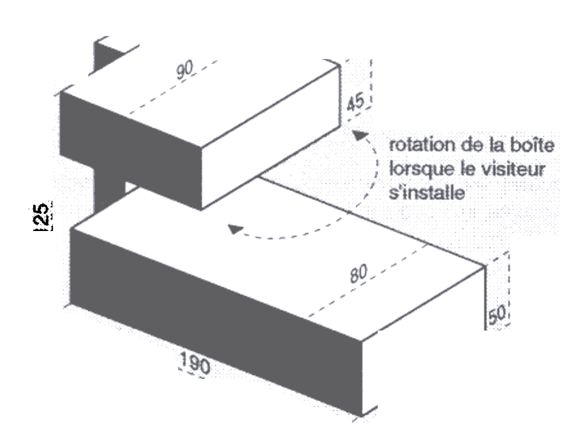
Descriptif technique.
a : principe de fonctionnement ; b : partie motrice ; c : plate-forme ; d : modélisation des mouvements oculaires ; e : principe de l'asservissement des yeux.

2. Ne croire que ce que l'on voit Effet de rotation

Objecti

Allongé sur un lit, le visiteur reçoit une stimulation lumineuse tournante. Après quelques instants, il a l'impression que c'est lui et le lit qui se mettent à tourner. On observe que l'effet n'est pas obtenu immédiatement, mais seulement au bout de quelques instants. Il est, d'ailleurs, plus ou moins fort selon les personnes. Pour que l'effet soit maximum, le visiteur qui fait l'expérience ne doit pas être gêné par les autres (de même pour les manips « Test de la verticale » et « Effet de mouvement »).

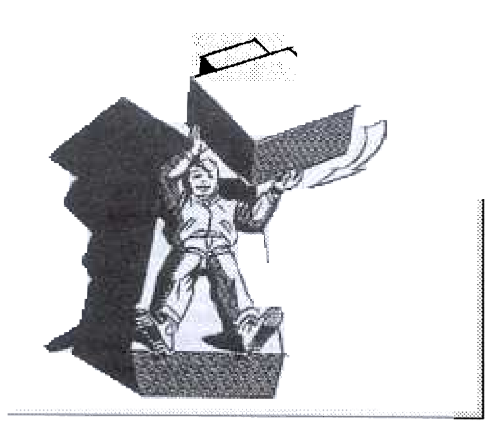
6





Dimensions du dispositif.

7



Le visiteur face à la manipulation.

Mode d'emploi

Allongez-vous sur le lit et ramenez le coffre au-dessus de votre tête. Détendez-vous complètement et regardez le centre de la sphère. Qui tourne ? la sphère ou vous ?

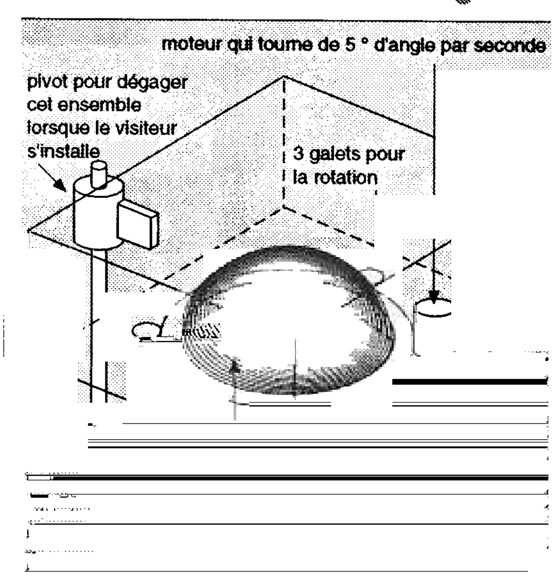
Contenu scientifique

Le visiteur est calmement allongé et immobile. une stimulation visuelle peut pourtant lui donner l'illusion de bouger.

Lors de tout mouvement, les informations provenant des yeux, de l'oreille interne, mais aussi de la peau, des muscles et des articulations sont analysées par le cerveau. Toutes ces informations complémentaires sont indispensables. Ici, la situation atténue ou annule certaines informations. Le cerveau interprète mal ce qu'il reçoit. Une illusion de mouvement peut alors apparaître (de même pour les manips « Test de la verticale » et « Effet de mouvement »).

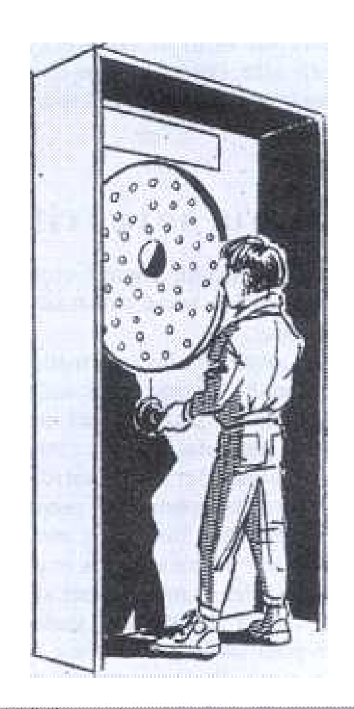
Remarques. Il faut prévoir une surface au sol de 150 x 260 cm pour laisser de la place au pivotement du coffre. En outre, il est important d'empêcher la circulation derrière le lit (en le disposant dans le coin d'une pièce, par exemple).

Figure 8



3. Ne croire que ce que l on voit
Test de la verticale

Figure 9



Le visiteur face à la manipulation.

Objectif

Debout et les pieds joints, le visiteur doit indiquer la verticale à l'aide d'une manette. Mais sa vision reçoit en permanence une stimulation rotative. Dans ces conditions, il a des difficultés pour placer correctement la verticale et même pour rester en équilibre.

Mode d'emploi

Les pieds joints, fixer le rond central.
À l'aide de la molette noire, réglez la verticale dans rond central, jusqu'à l'arrêt du disque.
Que ressentez-vous ?
Êtes-vous content de votre verticale ?

Contenu scientifique

Quand le disque tourne, la vision crée une illusion de mouvement (que les autres sens ne détectent pas, d'où conflit). On peut perdre un peu l'équilibre ou voir la verticale de travers. On constate que l'équilibre et la perception de la verticale peuvent être modifiés.
Remarque. bien éclairer le disque noir et jaune.

Figure 10

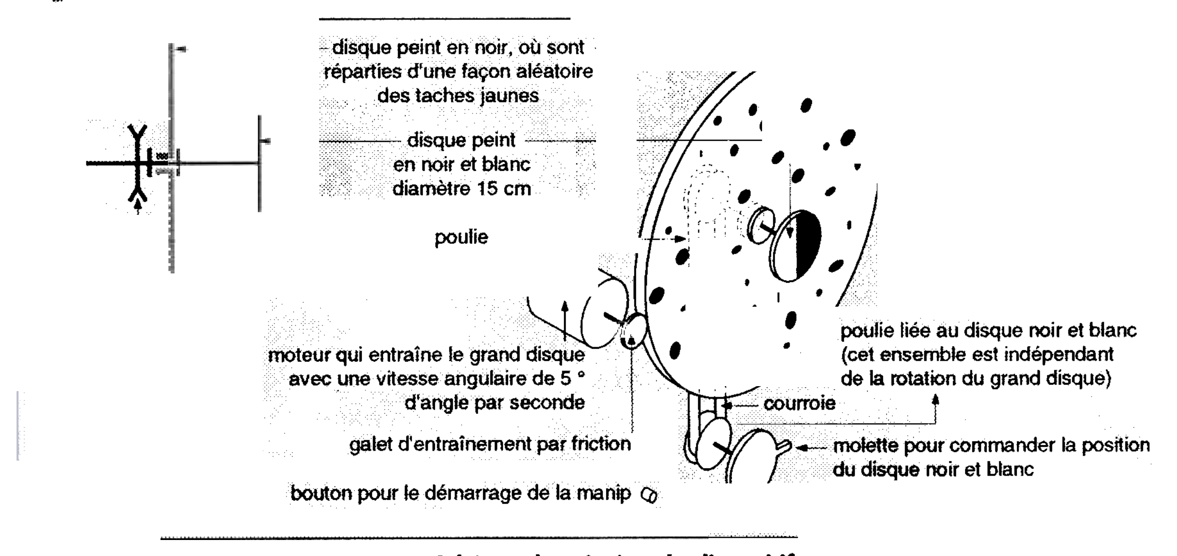


Schéma de principe du dispositif.

4. Ne croire que ce que l on voit Effet de mouvement

Objectif

: visiteur est debout, passe sa tête dans le trou un panneau vertical Jne stimulation lumineuse :filante lui donne, ıprès quelques instants, mpression de se dépl:

Mode d'emploi

ısez votre tête et regardez devant vous quelques ıstants, sans vous appuyer avec les mains. Pouvez-ous rester immobile ?

Contenu scientifique

Vous êtes debout et immobile. Une stimulation visuelle peut pourtant vous donner l'illusion d'être en mouvement. Ici, la vision indique un mouvement alors que les autres sens ne détectent rien. Il y a conflit et une illusion de mouvement peut apparaître.
Remarque. Un petit marchepied amovible permet aux enfants de faire le test.

Figur 11




Le visiteur face à la manipulation.

Figure 12

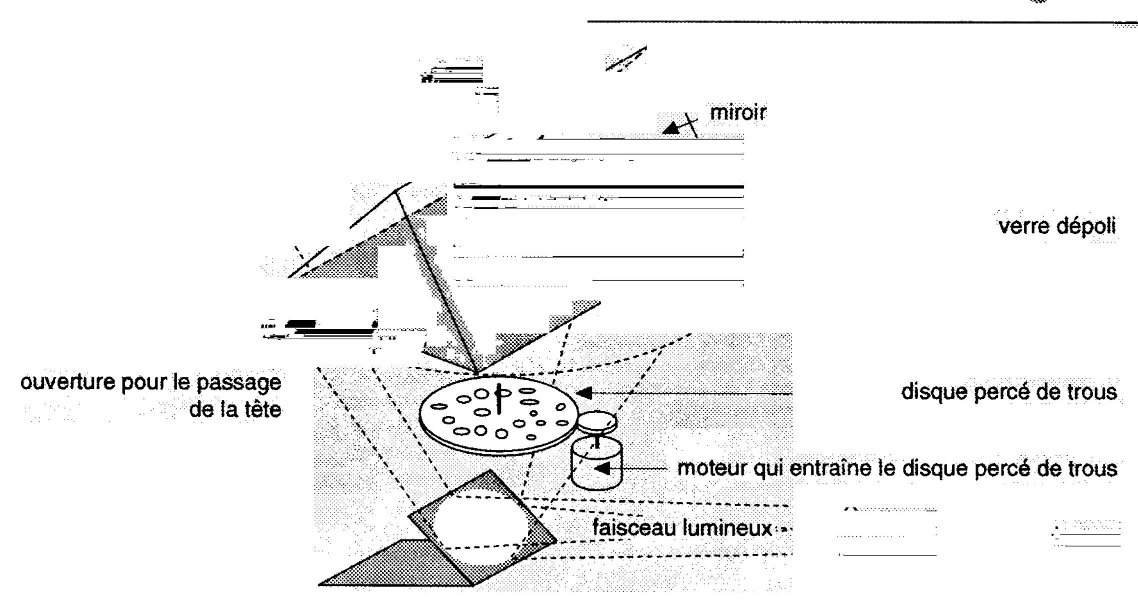


Schéma de principe du dispositif.

5 Leçon de lecture
Lire un texte en mouvement

Objectif

Le visiteur doit essayer de lire un texte animé d'un mouvement oscillant. Il refait ensuite l'expérience sur le texte fixe, mais en bougeant la tête. Cette présentation illustre les performances et les limites de la coordination entre la vision et le mouvement.

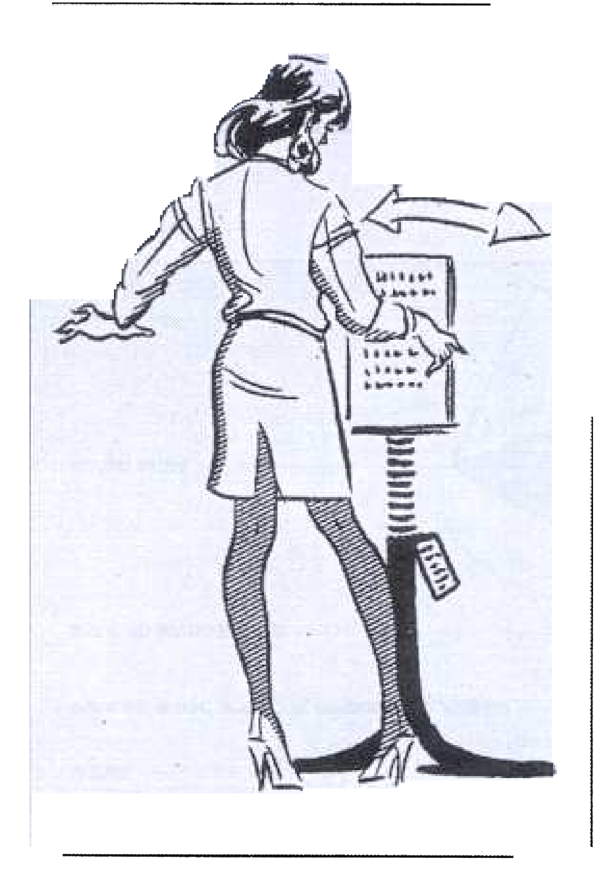
Mode d'emplo

Faire et observer : pouvez-vous lire ? Si le texte est fixe, en tournant rapidement la tête de droite à gauche et de gauche à droite ? Sinon, en gardant la tête fixe ?

Contenu scientifique

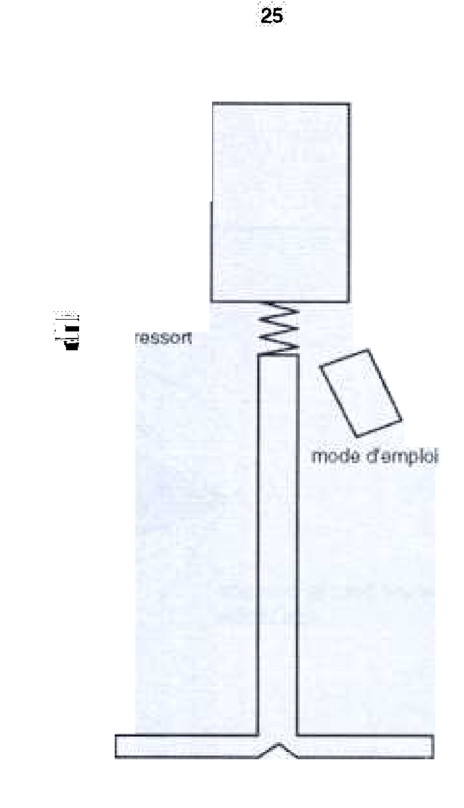
Il est beaucoup plus facile de lire un texte fixe, en bougeant la tête, que le contraire. Les mouvements des yeux dans les orbites et ceux de la tête sont coordonnés avec une grande précision pour fixer le regard sur le texte.
Cette activité coordonnée est appelée réflexe vestibo-oculaire. Elle est réalisée grâce aux capteurs du système vestibulaire, situés dans l'oreille interne, qui détectent à chaque instant la position et les mouvements de la tête. En revanche, si la tête est immobile, ce réflexe n'est pas activé et la lecture d'un texte mobile est plus difficile.

Figure 13



Mise en situation de la manip.

14



Dimensions.

6. Où ai-je la tête ? Mesurer les rotations de la tête

Objectif

Une forme de tête contient un modèle de capteur à inertie, analogue à celui de l'oreille interne (« canaux semi-circulaires »). Ce système, manipulé par le visiteur, réagit aux rotations de la tête autour des trois axes.

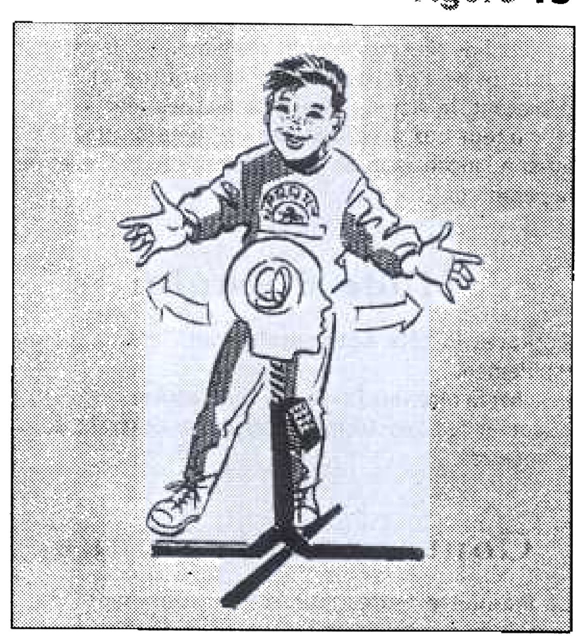
Mode d'emploi

Déplacez cette tête dans tous les sens. Observez la réaction des trois tubes colorés, selon la direction du mouvement de la tête.

Contenu scientifique

Lorsque la tête tourne de droite à gauche ou de haut en bas, seul un des tubes réagit. Pour les mouvements plus complexes, deux ou trois tubes peuvent être sollicités en même temps. Dans le système vestibulaire, les « canaux semi-circulaires » (appelés ainsi à cause de leur forme).

Figure 15



Mise en situation de la manipulation.

Figure 16

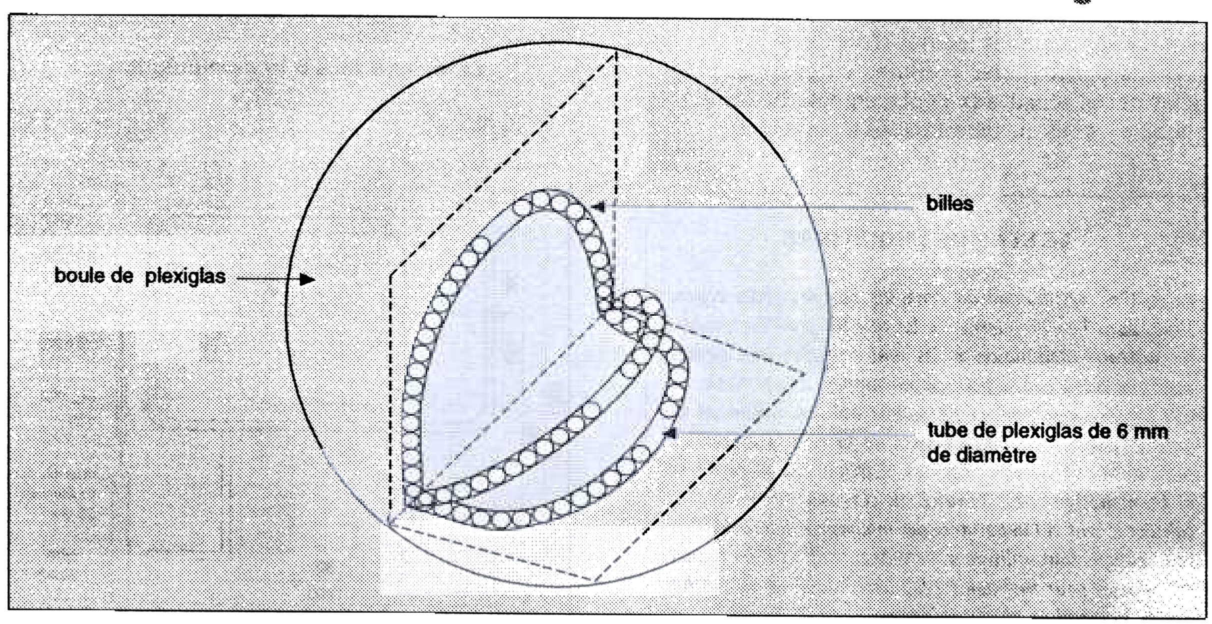


Schéma des canaux « semi-circulaires

7. Où ai-je la tête ? Détecter un déplacement de la tête

Objectif

Un profil de tête contient un autre modèle de capteur à inertie de l'oreille interne (« otolithe »). En le déplaçant, le visiteur peut observer les réactions de ce capteur aux accélérations en ligne droite, mais aussi à l'inclinaison de la tête, en raison de l'effet de la pesanteur.

Mode d'emploi

Déplacer la tête horizontalement, lentement ou rapidement ;
pencher la tête vers l'avant ou vers l'arrière ;
observer les réactions de la partie centrale dans chaque cas.

Contenu scientifique

La maquette représente le fonctionnement d'un organe du système vestibulaire situé de chaque côté de la tête, dans l'oreille interne. Il détecte deux types de mouvements : les déplacements horizontaux et l'inclinaison de la tête. Il est sensible aux variations de mouvements et à la pesanteur. Cet organe comporte une masse gélatineuse lestée par des cristaux, les otolithes (pierres d'oreille en grec) et les cellules particulières (cellules ciliées). La masse gélatineuse réagit aux déplacements de la tête et entraîne les cils qui détectent les mouvements.

LE SENS DE L'ÉQUILIBRE

Le système vestibulaire est constitué par des petits organes situés dans l'oreille interne : « les canaux semi-circulaires et les systèmes otolithiques ». Ils sont sensibles aux déplacements de la tête et à sa position par rapport à la verticale.
Ces organes ont une partie mobile qui, en raison de son poids, réagit aux mouvements de la tête. Des cellules particulières (« cellules ciliées »), détectent ces déplacements et transmettent des signaux au cerveau qui peut ainsi calculer le sens et l'importance des mouvements de la tête. Ces informations sont utilisées en permanence afin de commander les muscles pour maintenir l'équilibre, stabiliser la posture, diriger le regard ou ajuster les gestes.

Figure 17

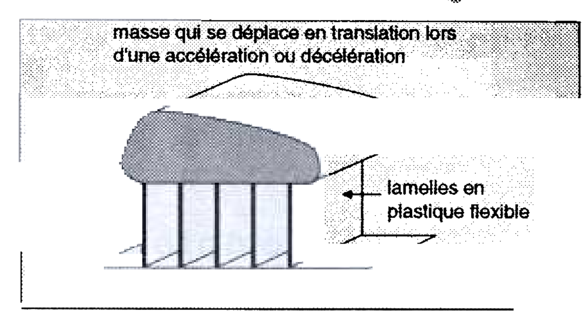
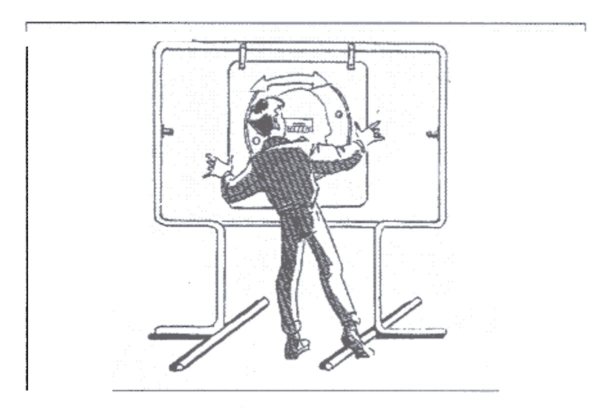


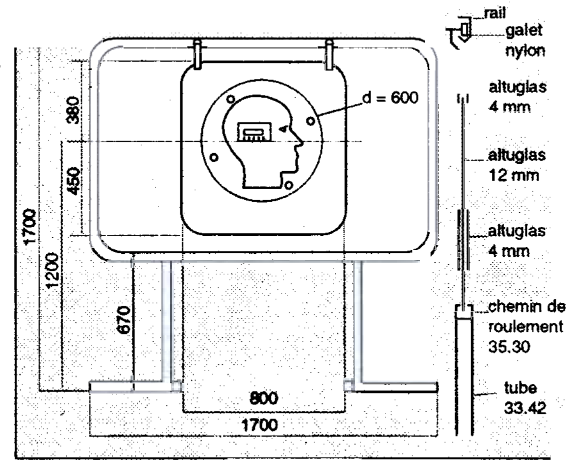
Schéma de principe.

18



Le visiteur face à la manipulation.

19



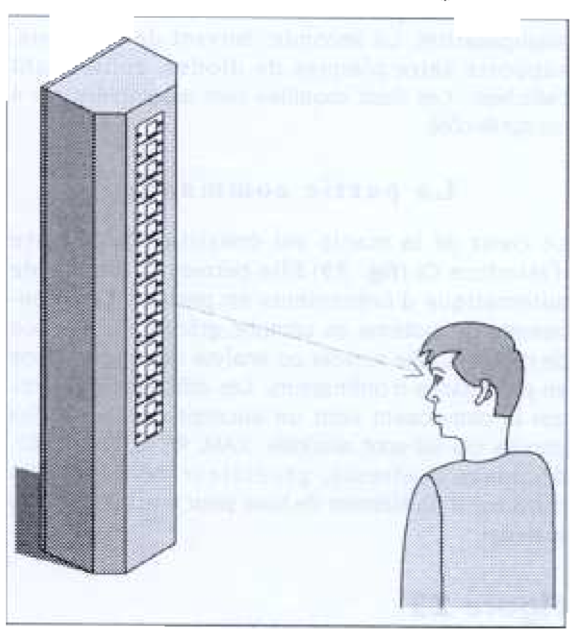
Dimensions.

8. Voir un mot sans pouvoir le lire

Objectif

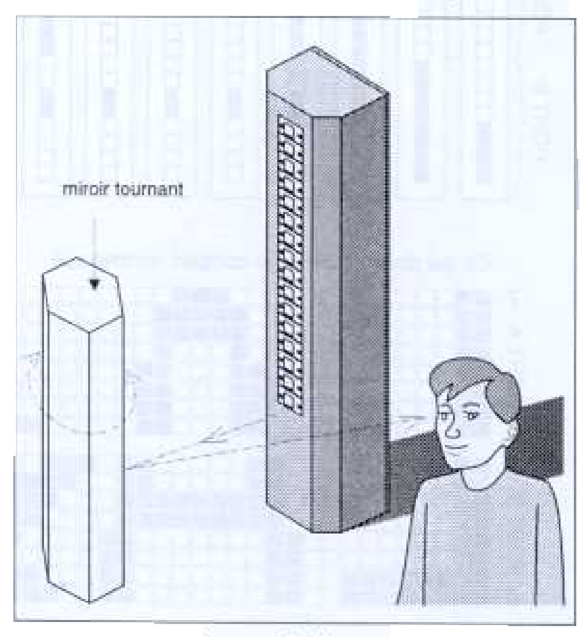
Cette manipulation met en évidence la persistance rétinienne et montre ce qu'est une image subliminale. C'est une expérience de psychologie de la perception. Elle permet au visiteur d'expérimenter l'une des propriétés de son système de vision. Etonné par la lecture d'un message non apparent, il est amené à s'interroger afin de comprendre le pourquoi de ce phénomène. Les présentations de cette manipulation auprès du public montrent que celle-ci est très efficace pour susciter le désir d'en savoir plus. Les panneaux d'accompagnement doivent apporter une première réponse.





Lecture directe.

Figure 21



Lecture indirecte.

Mode d'emploi

On peut considérer cet appareil comme un journal lumineux dont on aurait masqué toutes les colonnes sauf une. Un message texte-dessin défile en boucle sur le journal. Un observateur qui regarde cet objet ne croit voir que des pavés lumineux qui clignotent. En fait, son cerveau est imprégné à son insu par le message transmis. En remuant la tête de gauche à droite et de droite à gauche plusieurs fois, le message s'étale sur le fond de l'œil de l'observateur et, grâce à la persistance rétinienne, son cerveau peut décoder le message. Cet élément doit être placé à la hauteur des yeux (environ 1,70 m) de l'observateur et celui-ci doit se placer au moins à six mètres de la manip.
Un miroir tournant situé à quelques mètres de la manip permet de lire le message d'une manière plus confortable, c'est-à-dire sans tourner la tête.

Description technique

Le principe de la manipulation

Un chenillard à leds affiche un texte préalablement haché en de nombreuses parties élémentaires. Les parties sont affichées une à une, à une vitesse bien définie. Si l'on porte un regard fixe sur le chenillard, on voit les leds clignoter d'une façon un peu désordonnée. En revanche, si l'on regarde ces leds tout en effectuant un mouvement rotatif de la tête, on déchiffre alors le texte. Cela s'explique par le fait que, dans des conditions optimales de réglage, le temps que met la tête pour effectuer la rotation de gauche à

droite correspond au moins au temps nécessaire pour afficher les parties du message qui seront visualisées avec un angle de vision différent. L'affichage de la lettre A, par exemple, se fait en onze affichages successifs selon la figure 22.

Le boîtier (fig. 24, 25

Il est constitué de deux coquilles s'emboîtant l'une dans l'autre. La première, supportant les alimentations, le circuit de commande CIU et les amplis, est pourvue de pattes servant à accrocher la manipulation. La seconde, servant de couvercle, supporte seize plaques de diodes, constituant l'afficheur. Les deux coquilles sont assemblées par 4 vis sur le côté.

La partie commande

Le cœur de la manip est constitué de la carte d'interface CI (**fig. 23**).Elle permet la commande automatique d'événements en prenant l'environnement du système en compte, grâce à l'adjonction de capteurs. Elle renvoie ou analyse des informations en provenance d'ordinateurs. Les différents éléments qui la composent sont un microprocesseur et les circuits qui lui sont associés, RAM, ROM, PIA, UART, décodage d'adresse, générateur de Bauds. Ils constituent un élément de base pour une initiation au matériel.

C'est un microprocesseur de chez Motorola, le 6802, qui l'anime. Son horloge est de 1 Mhz et il est associé à un circuit d'interface parallèle, le PIA 6821, à une EPROM 2716 d'une capacité de 2048 octets, à une RAM HM 6116 de 2048 octets et à un UART 6850. Un circuit générateur de fréquences propose toutes les fréquences utilisables pour la transmission de 75 Bauds à 19 200 Bauds.
Les 16 pavés de diodes sont pilotés par les deux ports A et B du PIA de la « carte d'Interface » (CI), via des amplis ULM 2804. Ces amplis reçoivent en entrée des niveaux logiques 0 ou 5 volts et se comportent comme des interrupteurs : un niveau logique 0 en entrée allume le pavé, un niveau logique 1 l'éteint.
Le circuit imprimé comportant 3 circuits ULM 2804. Chaque pavé de diodes étant constitué de 6 x 6 diodes montées en parallèle, on devra, en fonction des diodes choisies et de leur consommation, grouper les entrées et les sorties des amplis deux par deux. En effet, chaque porte de l'ampli ULM 2804 ne peut accepter qu'une intensité de 0.5 A maximum. Un petit circuit permet de régler la vitesse de défilement du message de façon à l'adapter aux conditions d'observation. Le circuit imprimé, l'implantation des composants et le schéma de principe sont décrits planche 2. À noter que la diode led est facultative et que le potentiomètre doit être monté à l'arrière du boîtier. L'alimentation 12 volts 15 ampères est obtenue grâce à deux alimentations, l'une de 12 V 10 A, l'autre de 12 V 5 A.

Figure 22

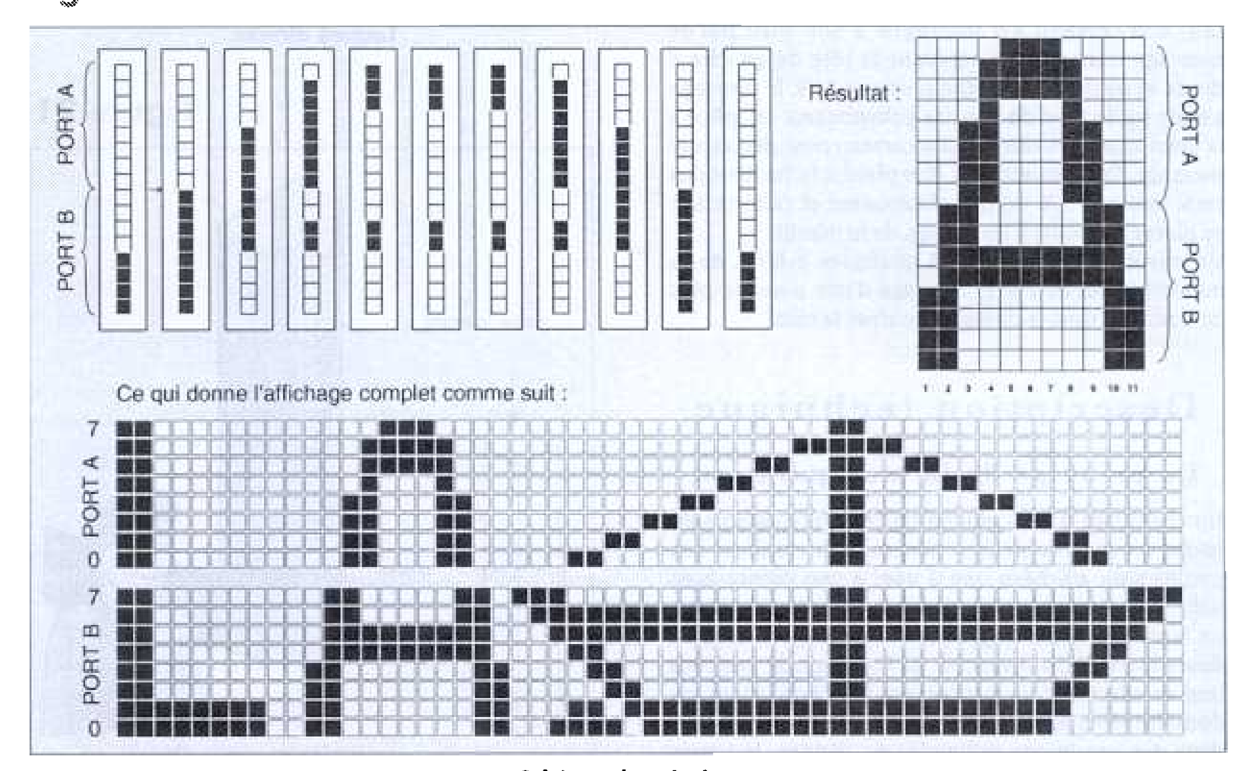


Schéma de principe.

La source 5 volts est générée par un régulateur 5 volts VR 200 alimenté sur le 12 V. Chaque pavé de diodes est constitué d'un circuit imprimé sur lequel sont soudés 36 diodes led (**pl. 2**). Faites bien attention à la polarité des diodes. Sur ce circuit, on peut souder ou fixer des fiches-bananes mâles qui viendront s'enficher sur des fiches-bananes femelles montées sur le capot de la manip. Tous les « + » des circuits vont au +12 V des alimentations et les « - » vont respectivement aux sorties des amplis ULM 2804.

Le programme

Le logiciel (**tabl. 1**) consiste à mettre à la disposition des ports A et B les octets venant de la table où sont placés les différents codes hexadécimaux des caractères à envoyer. Le programme conserve une structure classique, avec une première partie où sont traitées toutes les équivalences, une seconde partie constituant le corps du programme, et, enfin, les sous-programmes. L'algorithme est le suivant : on vient pointer en début de table et on envoie vers les ports A et B tous les codes rencontrés, jusqu'à ce que l'on rencontre le label « fintab ». Bien entendu, il faut cadencer ces envois : le bon fonctionnement de la manipulation réside dans un réglage fin de ce paramètre. Pour ce faire, nous utilisons le circuit « Horloge » relié au registre de contrôle du PIA.
Le principe est le suivant : la fréquence d'affichage des leds est cadencée par la capture des fronts montants sur CA1 (registre de contrôle). Le réglage du potentiomètre permet de modifier la constante de charge du condensateur de l'horloge et donc, de faire varier la période du signal carré obtenu en CA1.

Tableau 1

```
PROGRAMME MER

BASTIDE CNRS AEB
EQUIVALENCES

4000    PORTA  EQU$4000  ; adresse port A
4002    PORTB  EQU$4002  ; adresse port B
4001    PIACMD EQU$4001  ; adresse commande
portA
4003    PIBCMD EQU$4003  ; adresse commande
portB
oooo    SAVIND  EQU$0000 ; haut de la pile

PROGRAMME PRINCIPAL

ORG  SC000
C0008E007F
C003BDC0IF
C006CECIFF
C00908
C00AA600
C00CB74000
C00F08
C0108CC218
C01327FI
C015A600
C017B74002
C01ABDC036
C01D2OEA

SOUS-PROGRAMME INIT
C01F 7F4001
C022 7F4003
C025 86FF
C027 B74000
C02A B74002
C02D 8604
C02F B74001
C032 B74003
C035 39
```

```
SOUS-PROGRAMME VITESS

C036 B64001
C039 8580
C03B 27F9
C03D B64000
C040 39

                 TABLE

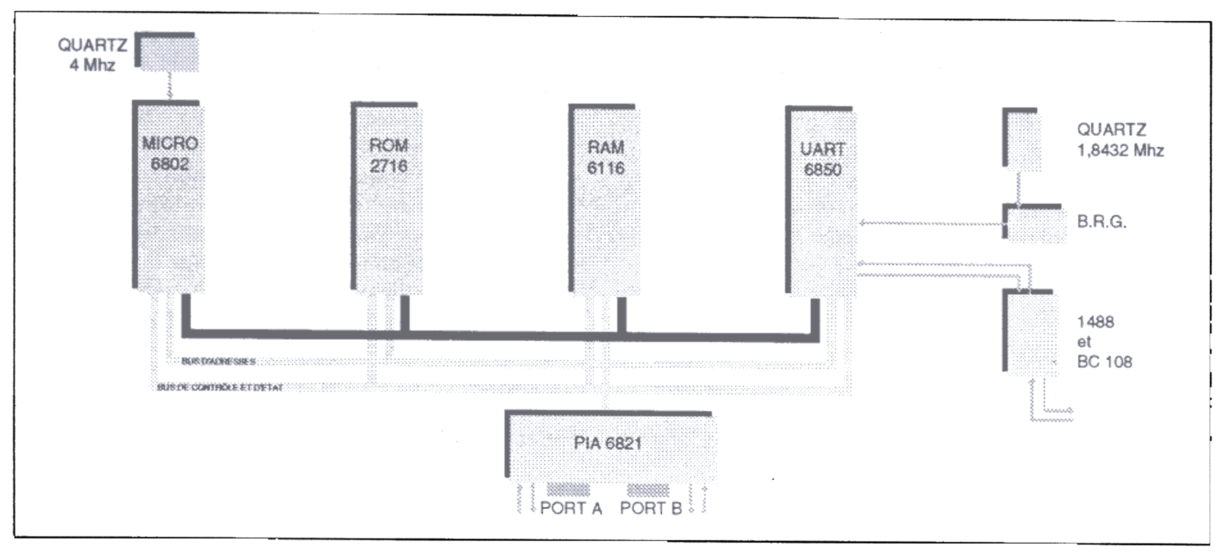
C200    FFFFFFFFTABLE  DB   $FF,$FF,$FF,$FF
C204    00030003       DB   00,03,00,03
C208    00030003       DB   00,03,00,03
C20C    00030003       DB   00,03,00,03
C210    00000000       DB   00,00,00,00
C214    00F000FF       DB   00,$F0,00,$FF
C218;                  DB   ..........
C218;                  DB   ..........
C218 FF         FINTAB DB   $FF
PROGRAMME PRINCIPAL

ORG             $C000
;
DEBUT   LDS#S7F; initialisation du pointeur de pile
        JSRINIT; initialisation PI
BOULDX #TABLE-1; l'index pointe la table du message -1

BOUCLEINX; on pointe sur code à envoyer
LDAA    0,x      ; mettre dans l'ACCA
STAA    PORTA    ; envoyer au PORTA !!
CPX     #FINTAB  ; fin de table ???
BEQ     BOU      ; oui ! !
INX              ; on pointe sur code à envoyer
LDAA    0,x
STAA    PORTB
JSR     VITESS   ; test de CA1 servant de temporisation
BRA     BOUCLE
;
;
```

Le programme.

Figure 23

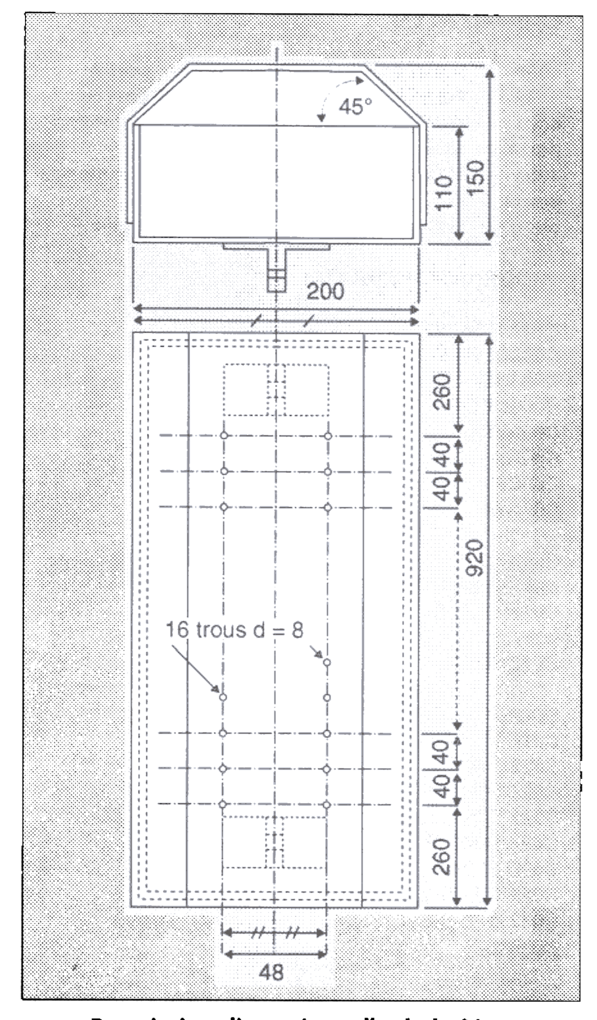


Carte d'interface CI.

Figure 24

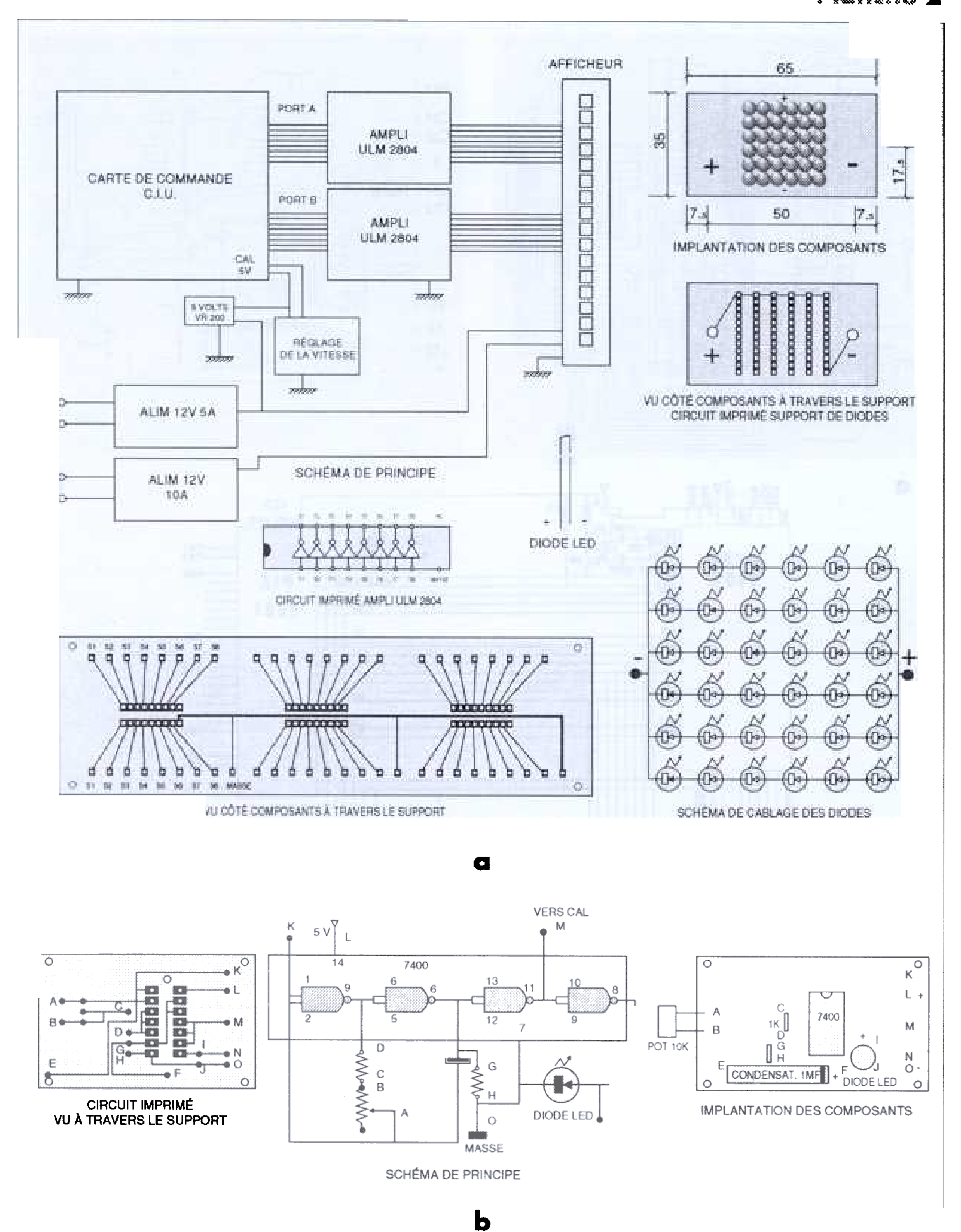
Description géométrique du boîtier.

Figure 25



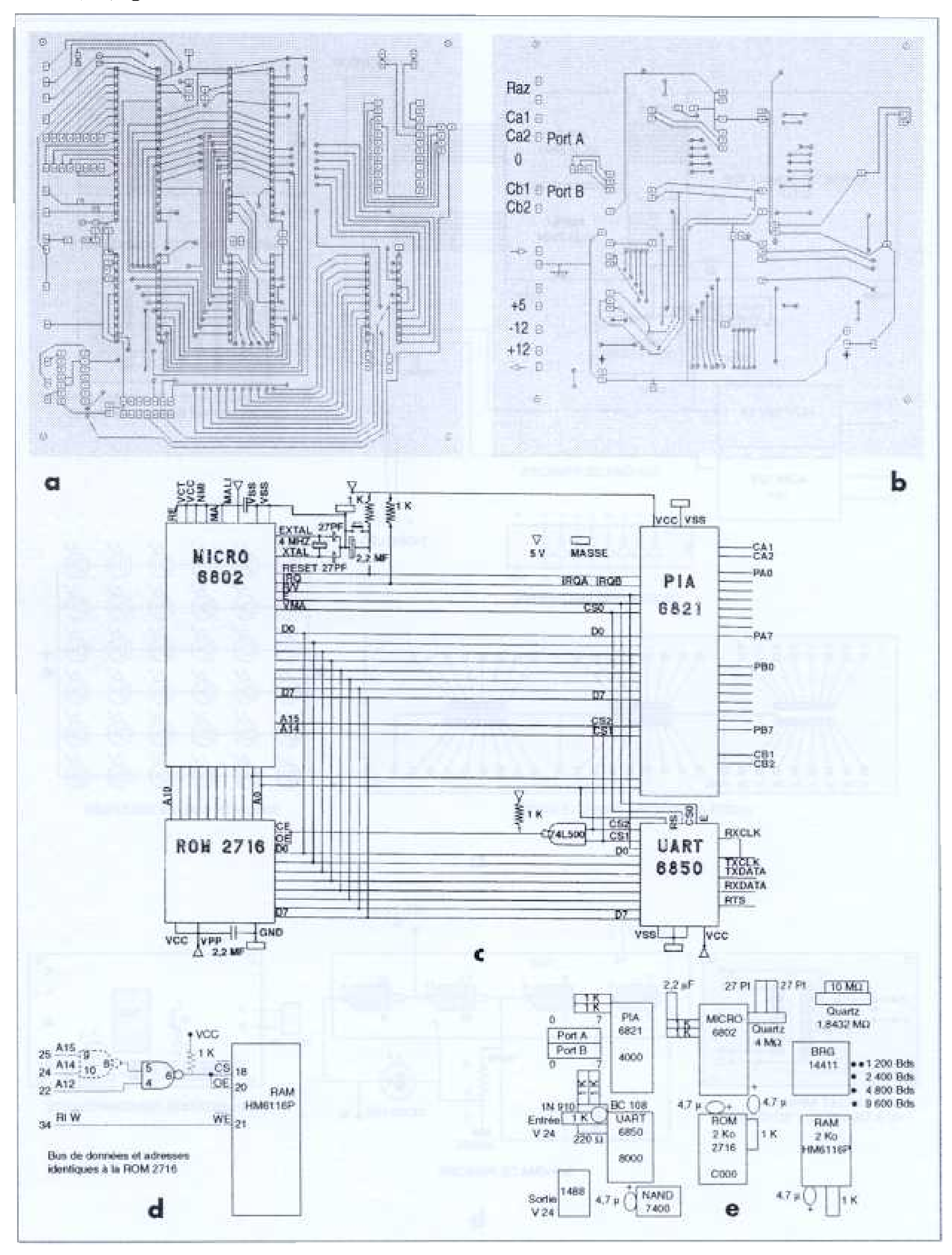
Description dimensionnelle du boîtier.

Planche 2



Description des circuits électroniques (1).
a : la mer ; b : circuit horloge.

Planche 3



Description des circuits électroniques (2).

a : circuit imprimé côté soudure ; b : circuit imprimé côté composant ; c : schéma de principe d : branchement de la RAM 2 Koctets ; e : implantation des composants.

9. Le chemin des sens Le cerveau, la vision et l'audition

Objectif

La maquette d'un hémisphère du cerveau met en évidence les trajets des informations, depuis l'œil ou l'oreille, jusqu'aux régions spécialisées chargées de les interpréter.

Mode d'emploi

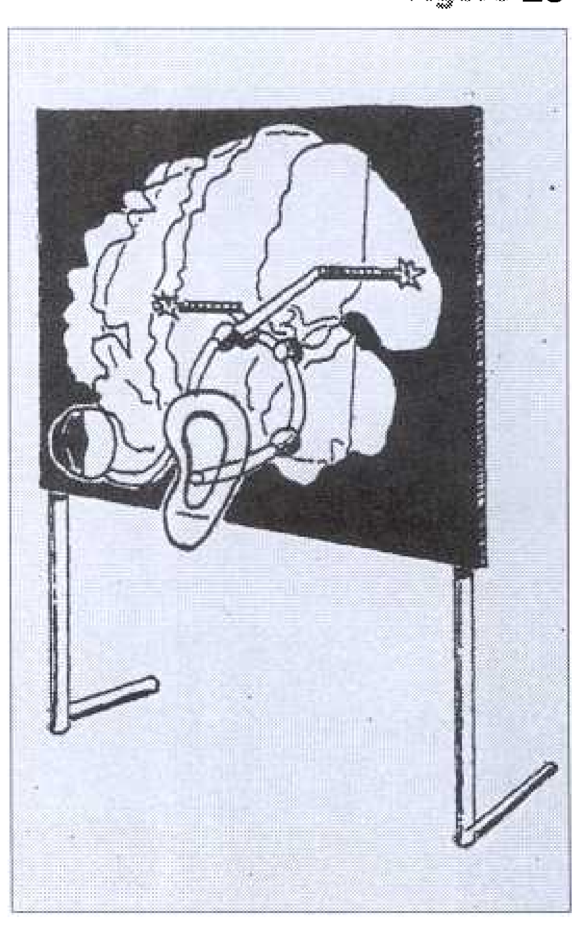
Appuyez sur les boutons « vision » ou « audition » et observez les trajets lumineux.

Contenu scientifique

Les informations circulent sous forme d'impulsions électriques le long de voies privilégiées, les nerfs, depuis le récepteur sensoriel de l'œil ou de l'oreille, jusqu'à la région spécialisée du cerveau chargée de les analyser, le cortex visuel ou le cortex auditif. Dans la maquette, les trajets lumineux figurent les premières étapes du traitement des informations de deux modalités sensorielles : vision et audition. Après ces premières étapes, le cerveau réalise un grand nombre d'opérations complexes, aboutissant à la perception :

- diffusion des informations vers les autres régions du cerveau concernées ;
- intégration de plusieurs informations de modalités sensorielles différentes ;
- interprétation personnalisée des informations reçues et adaptation du comportement en fonction de l'expérience antérieure du sujet.

Figure **26**



La manipulation.